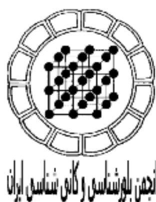
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران



سال بیست و سوم، شمارهٔ سوم، پاییز ۹۴، از صفحهٔ ۴۵۳ تا ۴۶۸

بررسی‌های سنگ‌شناسی، دگرسانی و ژئوشیمیایی کانسار سرب ماهور ۲ ده سلم شرق پهنه‌ی لوت، ایران مرکزی

فاطمه محمدپور[۱*]، حبیب بیابانگرد[۱]، حسن میرنژاد[۲]، رضوان میرزایی راینی[۱]، شجاع الدین نیرومند[۲]

۱-گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان-زاهدان

۲-دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران.

(دریافت مقاله: ۹۳/۳/۲۶ ، نسخه نهایی: ۹۳/۶/۳۰)

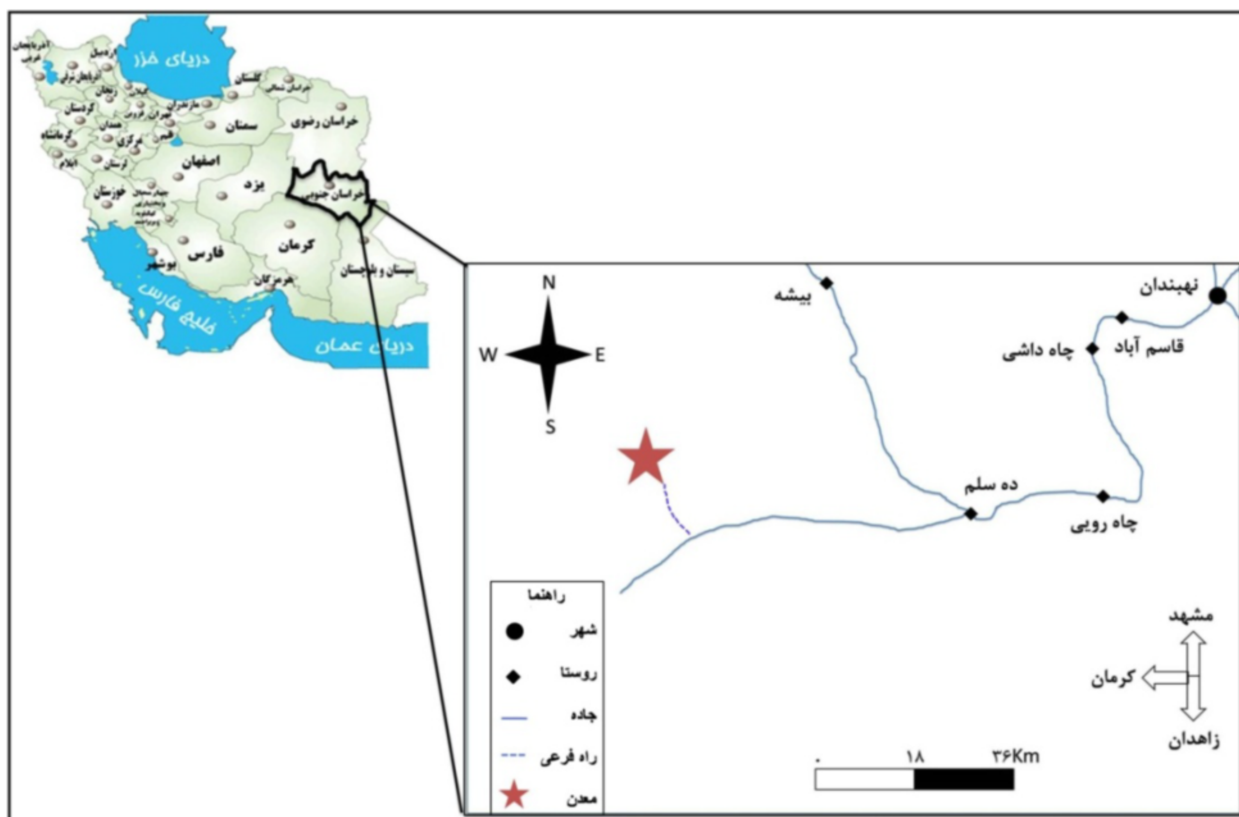
چکیده: کانسار سرب ماهور ۲ در ′۴۸ °۵۸ طول شرقی و ′۱۴ °۳۱ عرض شمالی در ۱۴۵ کیلومتری غرب شهرستان نهبندان و ۲ کیلومتری شمال غرب کانسار چند فلزی ماهور قرار گرفته است. سنگ‌های آندزیتی دگرسان شده، میزبان اصلی کانسار سرب هستند. کانی‌های پلاژیوکلاز، کوارتز، هورنبلند و بیوتیت مهم‌ترین کانی‌های تشکیل دهنده‌ی سنگ‌های آندزیتی هستند. فراوان‌ترین کانی، پلاژیوکلاز است که در بیشتر موارد به دلیل تاثیر دگرسانی به کانی‌های ثانویه مانند سریسیت، کلریت و کربنات‌ها تبدیل شده است. مهم‌ترین دگرسانی‌های منطقه‌ی آرژیلیک، سریسیتیک، سیلیسی، کلریتی و کربناتی هستند که به‌وسیله نمودارهای پراش پرتو X (XRD) نیز تأیید شده‌اند. نتایج بررسی‌های ژئوشیمیایی نمونه‌های سنگ میزبان و نمونه‌های گالن نشان می‌دهد که با توجه به نسبت S/Se خاستگاه آذرین را می‌توان برای تشکیل این کانسار در نظر گرفت. نمودارهای عناصر خاکی کمیاب، الگوی نسبتاً موازی، کمیاب و کاهشی از عناصر خاکی کمیاب سبک را به سمت عناصر خاکی کمیاب سنگین نشان می‌دهد. همچنین بر اساس نمودارهای وابسته به رفتار عناصر La-Nb و La-Ba در برابر یکدیگر نشان می‌دهند که سنگ میزبان این کانسار به محیط تکتونوماگمایی آندزیت‌های مناطق کوهزایی وابسته است. نمودارهای عنکبوتی، تهی شدگی عناصر در نمونه‌های گالن‌دار را نسبت به نمونه‌های برداشت شده از سنگ میزبان نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: *ژئوشیمی؛ کانسار سرب ماهور۲؛ پهنه‌ی لوت؛ دگرسانی.*

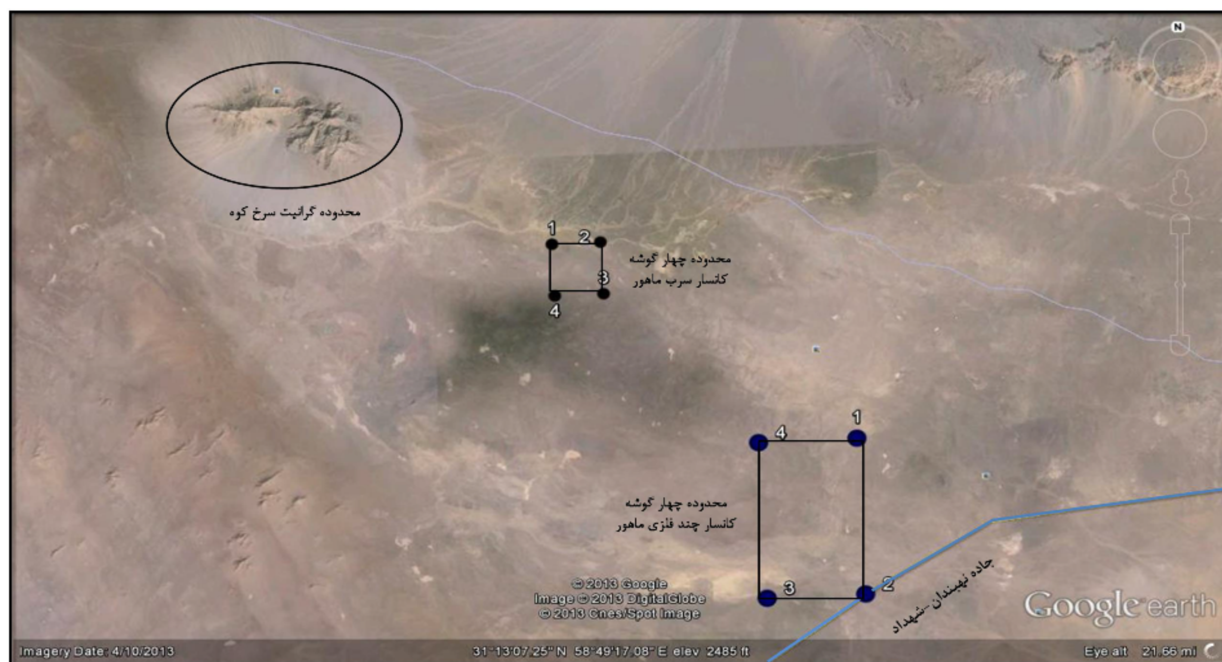
مقدمه

کانسار سرب ماهور۲ درمجاورت کانسار چند فلزی ماهور و در شرق پهنه‌ی لوت، ۱۴۵ کیلومتری غرب شهرستان نهبندان و بین طول‌های جغرافیایی ′۴۵ °۵۸ تا ′۰۰ °۵۹ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′۱۵ °۳۱ تا ′۳۰ °۳۱ شمالی قرار دارد. تنها راه دسترسی به آن، جاده‌ی آسفالته نهبندان به کرمان (ده سلم به شهداد) است که پس از طی مسافت ۱۴۵کیلومتر از نهبندان به سمت شهداد، سه راهی معدن مشخص خواهد شد (شکل۱). موقعیت کانسارهای چند فلزی و سرب ماهور ۲ روی تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است (شکل۲). از نظر فلززایی تاکنون در بلوک لوت، کانی زایی مس، سرب و روی، آنتیموان، جیوه و طلا از نوع رگه‌ای گزارش شده‌اند که از آن جمله می‌توان به مس طلادار قلعه زری و کانسار جیوه شوراب-کله نگینان اشاره کرد. به‌نظر می‌رسد که تیپ کانی‌سازی در این بلوک، اغلب از نوع رگه‌ای باشد که نمونه‌ی آشکار آن‌ها همان قلعه زری و شوراب است [۱]. تاکنون بررسی‌هائی روی کانسار ماهور انجام گرفته است که می‌توان به پیدایش و شیمی کانی‌های سولفیدی و اکسیدی برون‌زاد در کانسار چند فلزی

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۶۷۳۲۴۷۰ پست الکترونیکی: f.mohammadpour2012@yahoo.com



شکل ۱ راه‌های دسترسی به‌منطقه‌ی مورد بررسی.



شکل ۲ موقعیت کانسارهای چند فلزی و سرب ماهور بر روی تصویر ماهواره‌ای.

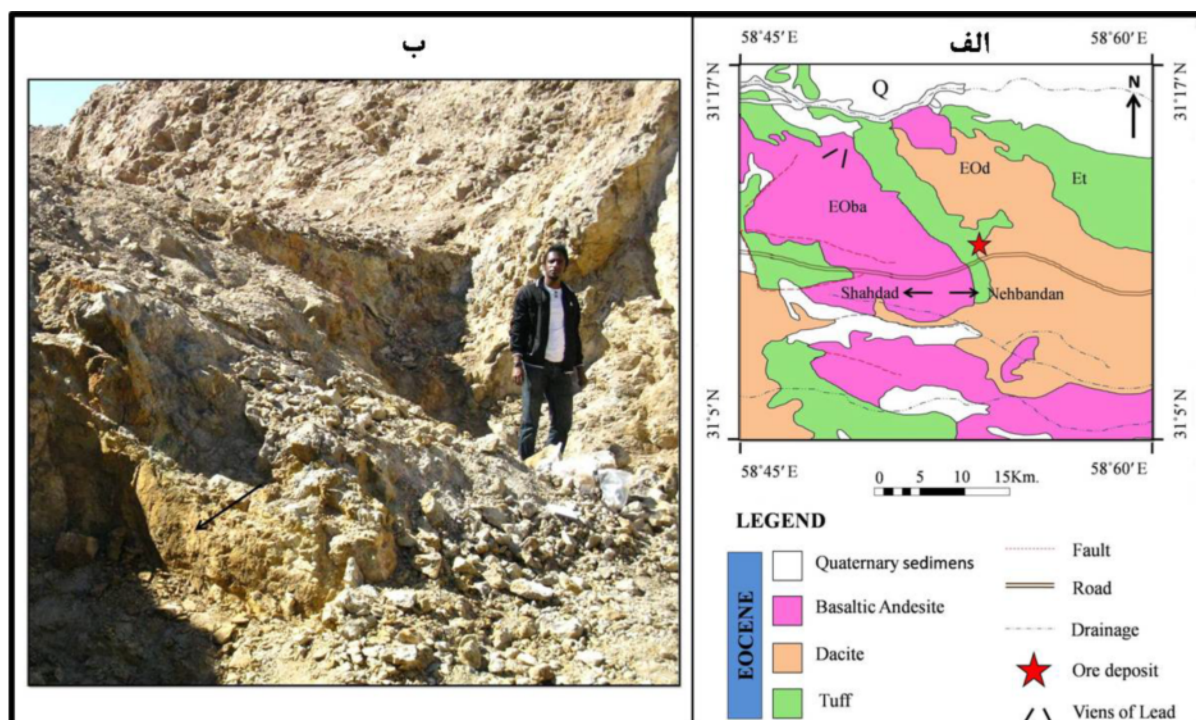
ماهور غرب در نهبندان [۲] و تعیین خاستگاه شاره‌های کانه ساز با استفاده از بررسی ریز کاوش الکترونی و ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد در کانسار چند فلزی ماهور [۳] اشاره کرد. با توجه به قرارگیری بلوک لوت در بین دو گسل بزرگ شمالی- جنوبی نایبند و نهبندان، نیروهای فشاری وارد بر ناحیه، موجب جابجایی‌هایی از نوع راستا لغز و برشی در راستای گسل‌ها شده است. در چنین رژیمی، سازوکار تغییر شکل، در کمترین شدت، ولی بازشدگی شکستگی‌ها در بالاترین میزان است. به همین رو، پدیده‌های آتشفشانی شدید و پیوسته بوده و گدازه‌های جوان‌تر، پی در پی، سنگ‌های پیشین را پوشانده و سنگ‌های آتشفشانی گستره‌ی بلوک لوت را پدید آورده‌اند [۴]. بررسی‌های صحرایی و ژئوفیزیکی در بخش‌های مختلف منطقه‌ی ماهور، کانه‌زایی سرب را آشکار ساخت. در این گستره، عملیات پی‌جویی و استخراج به‌صورت همزمان در حال انجام است. بررسی‌های کانی‌شناسی، منطقه‌های دگرسانی و ژئوشیمیایی کانسار سرب ماهور ۲، هدف اصلی این نوشتار است که تاکنون به آن پرداخته نشده است. با این بررسی‌ها روی کانسار سرب ماهور ۲، می‌توان کمک فراوانی به پی‌جویی و بهره برداری از آن انجام داد.

زمین‌شناسی عمومی منطقه

کانسار سرب ماهور ۲ در شرق بلوک لوت واقع شده است. این بلوک دارای طول ۹۰۰ کیلومتر در راستای شمالی- جنوبی و عرض ۲۰۰ کیلومتر در راستای شرقی-غربی بوده [۶،۵] که مرز شرقی آن با گسل نهبندان و حوضه‌ی فلیشی شرق ایران و مرز غربی آن با گسل نایبند و بلوک طبس مشخص می‌شود [۷]. منطقه‌ی ماهور به‌صورت منطقه‌ای پست و هموار، متشکل از ماسه و سنگ‌های آتشفشانی با ظاهری تیره رنگ است و تنها ارتفاعات مشاهده شده در گستره، گرانیت سرخ کوه و گرانودیوریت عبداللهی است. سنگ‌های آتشفشانی دوران سوم که ترکیب آندزیتی- داسیتی بیشتری دارند، بخش مهمی از بلوک لوت را می‌پوشانند. کانسار ماهور در نقشه‌ی زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ده سلم (چاه وک) جای دارد [۸] (شکل ۳ الف). بیشتر واحدهای موجود در گستره‌ی کانسار روانه‌های بازالتی، داسیت‌ها و توف‌های ائوسن هستند که به‌وسیله رسوب‌های کواترنر پوشیده شده‌اند [۸]. واحد آندزی-بازالت تا بازالت که به‌رنگ خاکستری تیره تا سیاه در منطقه مشاهده می‌شود، بیشترین گسترش آن در بخش‌های غربی گستره است. واحد داسیتی به‌رنگ خاکستری روشن، بخش‌های گسترده‌ای از شرق، جنوب و جنوب شرقی منطقه را پوشانده است. واحد توف، در بخش‌های مختلف منطقه با رنگ‌های سبز، خاکستری و ترکیب داسیتی تا آندزیتی قابل رویت است. توف یاد شده در منطقه غالباً فرایند سنگ‌شدگی و دگرسانی‌های گوناگون نظیر آرژیلیتی شدن و سیلیسی شدن دیده می‌شوند. نهشته‌های آبرفتی جوان، شامل ماسه، سیلت و رس‌های عهدحاضر هستند. با توجه به بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی کانه‌زایی در گستره‌ی مورد بررسی به‌صورت رگه‌ای است که در سطح زمین رخنمون مناسبی نداشته و عملیات نمونه برداری روی بخش‌های مختلف فرودیواره، فرادیواره و کف ترانشه‌ها، منطقه‌های دگرسانی و مغزه‌های حفاری شده، انجام گردید. میانگین طول ترانشه‌های ایجاد شده ۱۰ تا ۳۰ متر و عرض آن‌ها بین ۰٫۵ تا ۱٫۵ متر بوده و در مختصات جغرافیایی ۴۸ ^{o}۵۸ طول شرقی و ۱۴ ^{o}۳۱ عرض شمالی قرار گرفته‌اند. نمونه‌های مختلفی از رگه‌ی سرب که تقریباً به‌صورت عمود بر راستای ترانشه‌ها قرار داشتند، برداشته شدند. این رگه‌ها دارای ضخامت متغیر بوده و فاقد شکل خاصی هستند (شکل۳ ب).

روش بررسی

بررسی‌های انجام شده، شامل بررسی‌های کتابخانه‌ای و تهیه‌ی نقشه زمین‌شناسی، بازدید صحرایی و کارهای آزمایشگاهی، پس از بازدید منطقه‌ی مورد بررسی و برداشت نمونه از نمونه‌های سطحی و مغزه‌های حفاری شده، مقاطعی نازک، نازک صیقلی و صیقلی تهیه شدند و این نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ قطبشی در دو تابش قطبیده طبیعی و متقاطع مورد بررسی قرار گرفتند. غیر از تشخیص دگرسانی‌ها، با بررسی مقاطع تهیه شده، تعداد ۵ نمونه‌ی برداشت شده از مناطق دگرسان شده نیز برای آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)به شرکت طیف کانساران بینالود مشهد ارسال شدند. همچنین روی ۱۲ نمونه که شامل ۶ نمونه گالن و ۶ نمونه از سنگ میزبان با حداقل دگرسانی، در سازمان زمین‌شناسی و ICP-MS به‌وسیله‌ی شرکت زرآزمای ماهان کرمان مورد آنالیز CPOES قرار گرفتند.

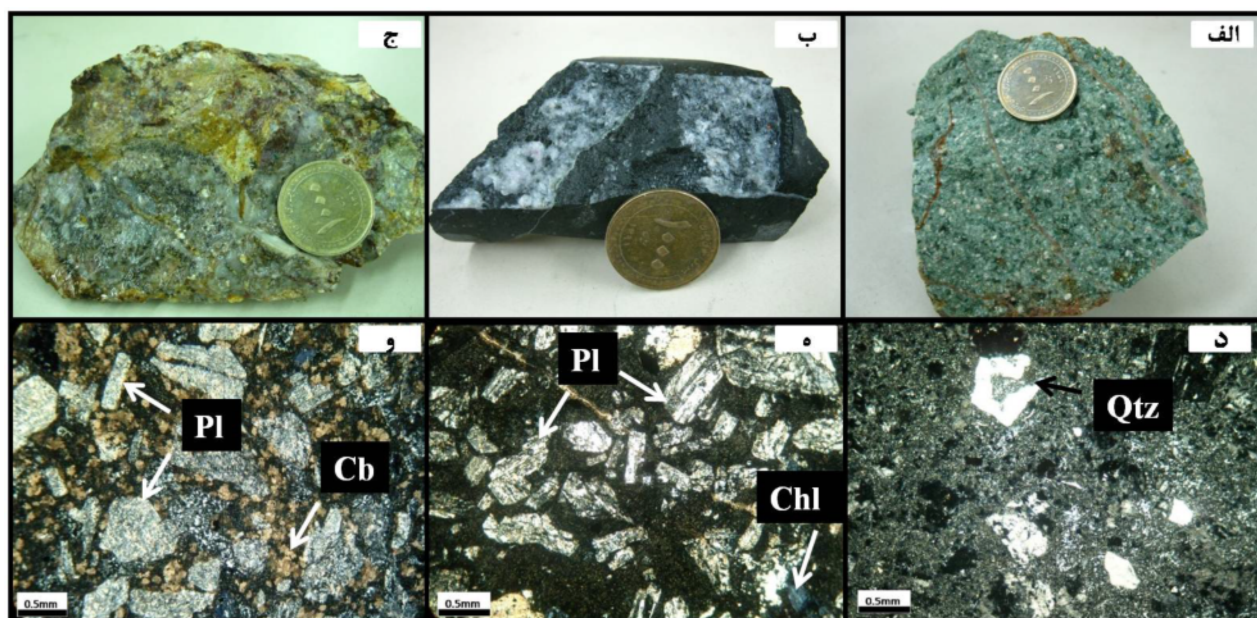


شکل ۳ الف) بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱٫۲۵۰۰۰۰ چاه وک [۸]. محل رگه‌های سرب به‌صورت غیر واقعی نمایش داده شده‌اند. ب) ترانشه حاوی سرب که گستره آن در تصویر مشخص شده است (دید به سمت شرق).

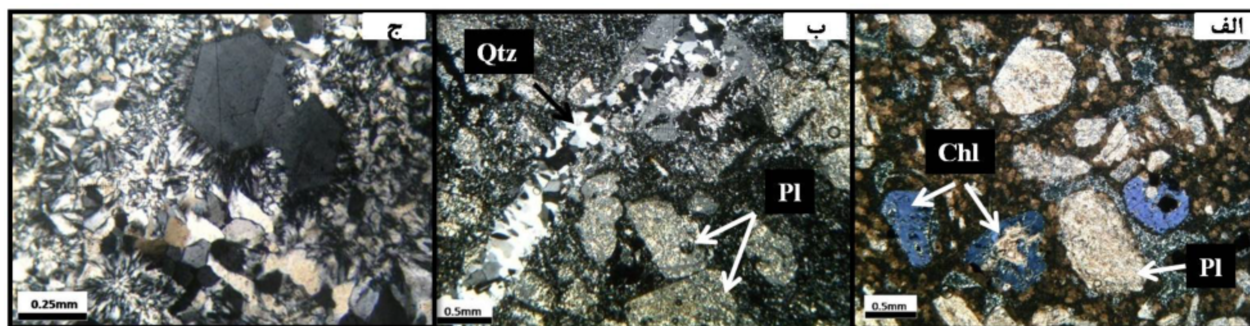
سنگ‌شناسی

بررسی‌های میکروسکوپی نشان داد که بخش بزرگی از نمونه‌ها در گستره‌ی سنگ‌های آندزیتی با بافت پورفیری بوده و در بیشتر آن‌ها دگرسانی‌های مختلف مشاهده شدند. سنگ‌های آندزیتی در نمونه‌ی دستی به رنگ سیاه، سبز و نارنجی تا قهوه‌ای بودند. به دلیل تاثیر دگرسانی‌های مختلف تشخیص کانی‌ها در نمونه‌ی دستی مشکل بود. بر حسب شدت تاثیر پدیده‌ی دگرسانی، آندزیت‌های مشاهده شده را می‌توان به آندزیت‌های با درجه‌ی دگرسانی کم، متوسط و شدید رده بندی کرد. در آندزیت‌های با دگرسانی کم، کوارتزهای اوّلیه و ثانویه مشاهده می‌شوند. پلاژیوکلازها هم به‌مقدار اندک به‌وسیله کانی‌های ثانویه‌ای مانند کلریت و سریسیت جایگزین شده‌اند. در انواع دیگر با دگرسانی متوسط، تعداد بیشتری کوارتزهای ثانویه به‌صورت ریزرگچه و رگچه‌های سیلیسی و سیلیس‌های انباشتی در مقطع دیده می‌شوند و کانی‌های ثانویه نیز غالباً جایگزین پلاژیوکلاز شده‌اند. همچنین می‌توان کانی‌های کربناتی را به فراوانی مشاهده کرد. در انواع با دگرسانی شدید، تنها قالبی از کانی‌های اوّلیه باقیمانده و یا حتی در مواردی تشخیص کانی اوّلیه امکان پذیر نیست و ریزورگچه و رگچه‌های سیلیسی و سیلیس‌های انباشتی کل مقطع را فرا گرفته و کانی‌های رسی و کربناتی جایگزین کانی‌های اوّلیه شده‌اند، به‌طوری که نوع سنگ اوّلیه و بافت آن به سختی قابل تشخیص‌اند (شکل۴ الف-د).

فراوان‌ترین کانی مشاهده شده در تمام نمونه‌ها، پلاژیوکلاز بود که به شکل‌های مختلف دیده می‌شود: ۱- پلاژیوکلازهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار که کمتر تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند و ماکل پلی سنتتیک در آن‌ها قابل مشاهده است. ۲- پلاژیوکلازهایی که بیشتر تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته و به وسیله‌ی کانی‌های ثانویه از قبیل سریسیت، کلریت و کانی‌های کربناتی جایگزین شده و تنها قالبی از آن‌ها باقی مانده است (شکل۵ الف و ب). کوارتزها با فراوانی کمتری نسبت به پلاژیوکلازها، به‌صورت نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار در زمینه به صورت پراکنده و در ابعاد مختلف قرار گرفته‌اند. کوارتز به دو صورت اوّلیه و ثانویه دیده می‌شود که انواع اوّلیه، به‌صورت نیمه شکل‌دار با ابعاد مختلف و فراوانی کم قابل مشاهده هستند. انواع ثانویه کوارتزهایی هستند که دگرسان شده‌اند و به‌صورت ریزرگچه‌ای و رگچه‌ای، انباشتی و پراکنده مشاهده می‌شوند. ریزرگچه‌ها و رگچه‌های کوارتز در راستاهای مختلف با بافت دندان سگی کنارهم قرار گرفته‌اند (شکل ۵ ج).



شکل ۴ نمونه‌ی دستی و مقاطع میکروسکوپی آندزیت‌های کانسار سرب ماهور. الف) نمونه دستی آندزیت دارای دگرسانی کم، ب) آندزیت دارای دگرسانی متوسط، ج) آندزیت دارای دگرسانی شدید، د) مقطع میکروسکوپی آندزیت دارای دگرسانی کم که کوارتز (Qtz) با بافت خلیجی قابل مشاهده است، ه) آندزیت دارای دگرسانی متوسط که کانی‌های پلاژیوکلاز (Pl) و کلریت (Chl) بر روی تصویر مشخص شده‌اند، و) آندزیت دارای دگرسانی شدید که کانی‌های کربناتی (Cb) موجود در زمینه‌ی و پلاژیوکلاز (Pl) روی تصویر مشخص شده‌اند (نور قطبیده متقاطع، بزرگنمایی 4X). علائم اختصاری کانی‌ها از [۹].



شکل ۵ الف)کلریتی شدن پلاژیوکلاز در زمینه کانی‌های ریزدانه کربناتی (با نور قطبیده متقاطع، بزرگنمایی 4X) ، ب) سریسیتی شدن پلاژیوکلازها و رگچه‌های سیلیس (نور قطبیده متقاطع، بزرگنمایی 4X) ، ج) بلور شکل‌دار کوارتز با بافت کلوفرمی در زمینه‌ای از کوارتزهای ثانویه انباشتی دارای بافت دندانه‌ای (نور قطبیده‌ی متقاطع، بزرگنمایی 10X). علائم اختصاری مانند شکل ۴.

دگرسانی‌ها

راستا شناسایی دگرسانی‌های موجود در کانسار سرب ماهور ۲، علاوه بر بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی، روی ۵ نمونه‌ی برداشت شده از منطقه‌های مختلف دگرسان، بررسی پراش پرتو ایکس (XRD) انجام گرفت و معلوم شد که مهم‌ترین دگرسانی‌های منطقه شامل آرژیلیک، سیلیسی شدن، سریسیتیک، کلریتی شدن و کربناتی شدن است که در این میان دگرسانی سریسیتیک فراوان‌ترین دگرسانی در منطقه است.

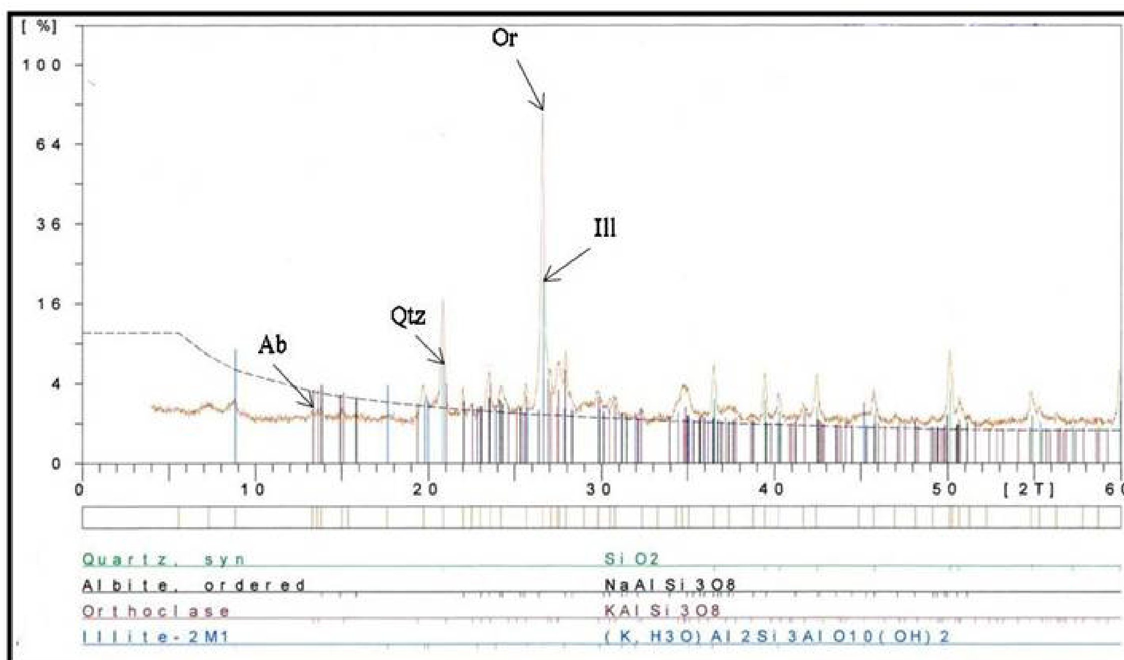
دگرسانی آرژیلیک: این نوع دگرسانی در اثر تبدیل فلدسپات‌ها به کانی‌های رسی ایجاد می‌شود [۱۰]. دگرسانی آرژیلیک در سنگ‌های دیواره ترانشه‌های بررسی شده در کانسار سرب ماهور ۲، به رنگ‌های سفید تا خاکستری حضور دارد (شکل ۶). حضور کانی ایلیت که نشان‌دهنده این نوع دگرسانی است، در آنالیز XRD نیز مشخص شده است (شکل ۷).

دگرسانی سیلیسی: دگرسانی سیلیسی ناشی از افـزایش درصـد کوارتز و یا اکسیدهای سیلیس در سنگ [۱۱]. در کانسار سرب ماهور ۲، این نوع دگرسانی به‌طور گسترده قابل مـشاهده اسـت (شکل ۸ الف). در مقاطع میکروسکوپی کوارتزهای دگرسـان بـه شکل‌هـای رگچـه‌ای و ریـز رگچـه‌ای در راسـتاهای مختلـف و راستای شکستگی‌ها؛ انتشاری در زمینه و به شـکل تـوده‌ای بـا بافت دندان سگی و دندانه‌ای دیـده مـی‌شـوند (شـکل۸ ب-د). وجود کانی کوارتز که نمایانگر این نوع دگرسانی است، در آنالیز XRD نیز مشخص شده است (شکل ۷).

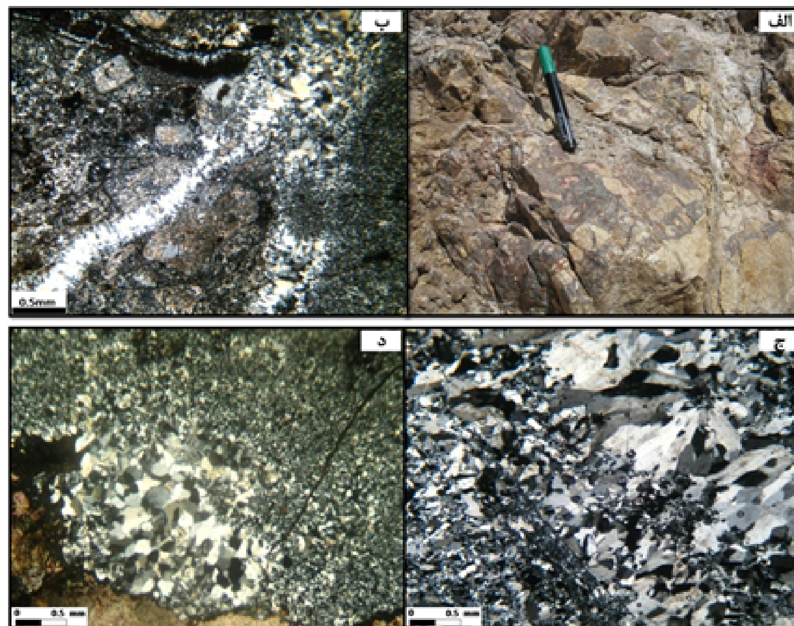
دگرسانی سریسیتیک: کانی‌های مهم این دگرسـانی سریـسیت، کوارتز، پیریت، پیروفیلیت، دیکیت، کائولین و آنـدالوزیت اسـت که درصد سریسیت از بقیه بیشتر است [۱۱]. این دگرسـانی در رخنمون‌های صحرایی به‌خوبی قابـل مـشاهده اسـت (شـکل ۹ الف). در بیشتر نمونه‌های میکروسکوپی پلاژیوکلاز تحـت تـاثیر این دگرسانی به سریـسیت تبـدیل شـده‌انـد و در مـواردی کـه شدت دگرسانی شدید بود، کانی‌های پلاژیوکلاز به‌طور کامل بـه وسیله‌ی سریسیت جایگزین شده‌اند و تنها قالبی از آن‌هـا بـاقی مانده است (شکل ۹ ب).



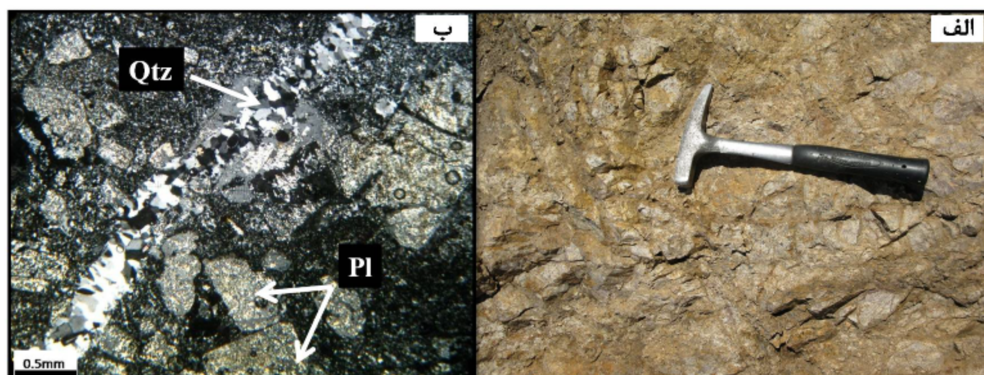
شکل ۶ رخنمون صحرایی از دگرسانی آرژیلیک در کانسار سرب ماهور ۲ (دید به سمت شرق).



شکل ۷ نمودار XRD، نمایانگر دگرسانی سیلیسی و آرژیلیک در کانسار سرب ماهور. کانی‌های شناسایی شـده در ایـن نمـودار عبارتنـد از کـوارتز (Qtz)، آلبیت (Ab)، ارتوکلاز (Or) و ایلیت (Ill). علائم اختصاری کانی‌ها از [۹].



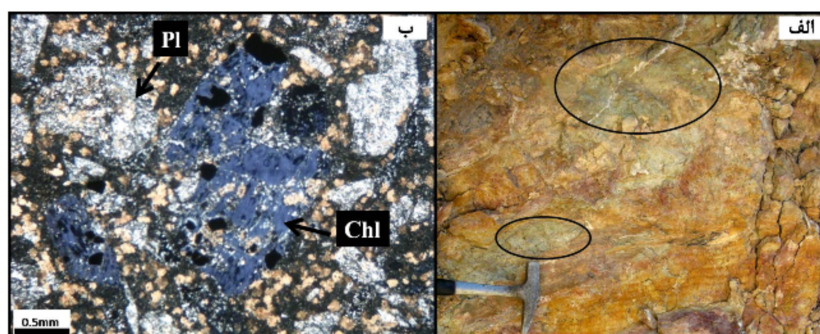
شکل ۸ رخنمون صحرایی و تصاویر میکروسکوپی از دگرسانی سیلیسی. الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت غرب)، ب) دگرسانی سیلیسی به اشکال رگچه‌ای و ریز رگچه‌ای، ج) بلورهای کشیده کوارتز با بافت دندان سگی، د) کوارتزهای توده‌ای با بافت مضرسی همراه با تجمع بلورهای دانه ریز کوارتز موجود در زمینه (نور پلاریزه متقاطع، بزرگنمایی 4X).



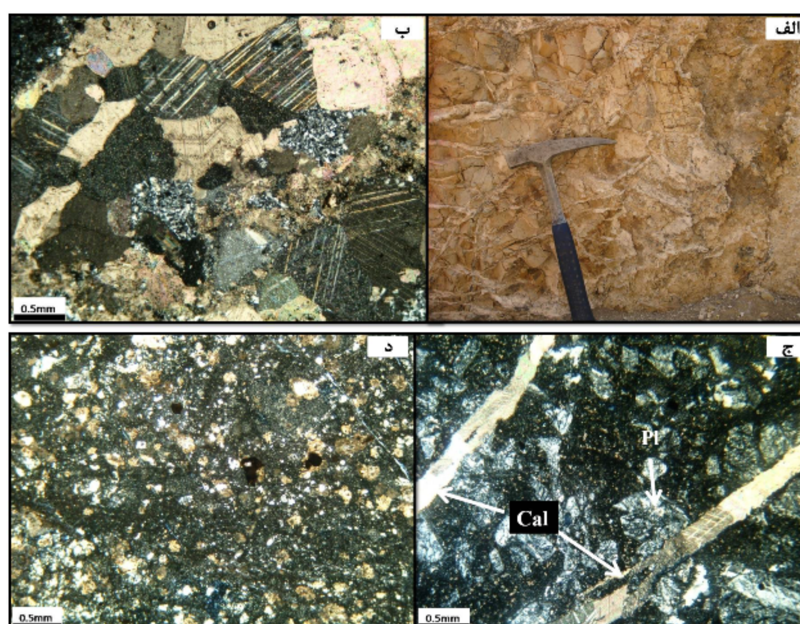
شکل ۹ رخنمون صحرایی و تصویر میکروسکوپی از دگرسانی سریسیتیک. الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت غرب)، ب)تصویر میکروسکوپی از این دگرسانی (نور پلاریزه متقاطع، بزرگنمایی 4X). علائم اختصاری کانی مانند شکل ۴.

دگرسانی کلریتی: این نوع دگرسانی حالت خاصی از دگرسانی پروپلیتیک بوده که به‌دلیل درصد بالای کلریت، آن را به نام دگرسانی کلریتی می‌شناسند [۱۱]. به‌دلیل حضور کلریت، این دگرسانی در رخنمون‌های صحرایی کانسار سرب ماهور ۲ با رنگ سبز قابل تشخیص است (شکل ۱۰ الف). در مقاطع میکروسکوپی، این دگرسانی به‌صورت جایگزینی بیوتیت، هورنبلند و پلاژیوکلاز به‌وسیله‌ی کلریت مشاهده می‌شود (شکل ۱۰ب).

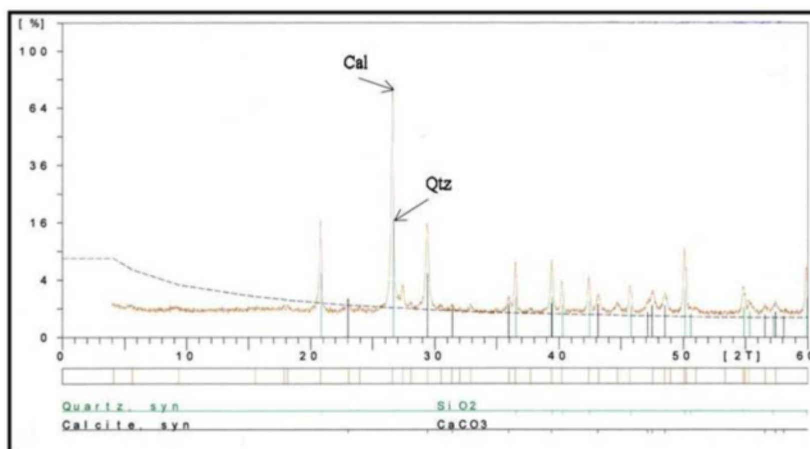
دگرسانی کربناتی: این دگرسانی ناشی از اضافه شدن کانی‌های کربناتی به رگه‌ها و سنگ میزبان است. در کانسار سرب ماهور ۲ با حضور، کانی‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت) مشخص است (شکل ۱۱ الف). کانی‌های کربناتی در مقاطع بررسی شده به ۳ صورت یافت می‌شوند: ۱- به‌شکل‌های رگه‌ای و رگچه‌ای در راستای شکستگی‌ها؛ ۲- به‌شکل توده‌ای و انباشتی؛ ۳- به‌صورت ریزدانه‌های در زمینه‌ی (شکل ۱۱ ب-د). وجود کانی‌های کربناتی که نمایانگر این نوع دگرسانی است، در بررسی XRD نیز مشخص شده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۰ رخنمون صحرایی و تصویر میکروسکوپی از دگرسانی کلریتی. الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت شمال غرب)، ب) کلریت‌های دگرسان شده به‌صورت نیمه شکل‌دار (نور قطبیده متقاطع، بزرگنمایی 4X). علائم اختصاری کانی‌ها مانند شکل ۴.



شکل ۱۱ رخنمون صحرایی و تصاویر میکروسکوپی از دگرسانی کربناتی. الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت شرق)، ب) تصویر میکروسکوپی کانی‌های کربناتی به‌صورت توده‌ای، ج) کلسیت (Cal) به‌صورت رگچه‌ای، د) دانه‌های ریز کربنات‌های موجود در زمینه‌ی (نور قطبیده‌ی متقاطع، بزرگنمایی 4X). علائم اختصاری کانی‌ها از [۹].



شکل ۱۲ نمودار XRD، نمایانگر دگرسانی کربناتی و سیلیسی در کانسار سرب ماهور. کانی‌های شناسایی شده در این نمودار شامل کوارتز و کلسیت هستند. علائم اختصاری کانی‌ها مانند شکل ۴.

بررسی‌های ژئوشیمیایی

برای بررسی‌های ژئوشیمیایی و تعیین میزان تغییرات عناصر در کانسار سرب ماهور ۲، روی ۶ نمونه کانه‌ی گالن آنالیز ICP-OES و ۶ نمونه از سنگ‌های میزبان که کمترین دگرسانی را داشتند، آنالیز ICP-MS انجام شد (جدول‌های ۱ و ۲) و بررسی‌های ژئوشیمیایی روی آن‌ها صورت پذیرفت. به‌دلیل اینکه مقدار عنصر سرب بالاتر از حد تشخیص دستگاه بود، مقدار این عنصر جداگانه به‌صورت درصد اندازه‌گیری شد. سنگ‌های منطقه‌ی مورد بررسی از نظر نسبت Ba/La (۱۰٫۲۵ تا ۱۱۳٫۶۳)، ویژگی‌های سنگ‌های آذرین مناطق کمان آتشفشانی را نشان می‌دهند. نسبت این دو عنصر برای NMORB بین ۴ تا ۱۰، برای EMORB و بیشتر بازالت‌های درون صفحه‌ای بین ۱۰ تا ۱۵ و برای سنگ‌های آتشفشانی مرز صفحات همگرا بیشتر از ۱۵ است [۱۲]. بالا بودن نسبت Ba/La نشان دهنده‌ی غنی‌شدگی گوه گوشته به‌وسیله شاره-های منطقه فرورانشی و ورود Ba از رسوب‌های اقیانوسی فرورانده شده به ماگماست. دو عنصر گوگرد و سلنیوم به‌دلیل شباهت‌های ژئوشیمیایی قادرند به راحتی در کانی‌ها جانشین یکدیگر شوند و می‌توانیم از آن‌ها به‌عنوان معیاری برای تعیین شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل گالن استفاده کنیم. این دو عنصر یک اختلاف دارند و آن کمبود سلنیوم در محیط اقیانوسی است، زیرا گوگرد به‌راحتی به سولفات تبدیل شده و به‌دلیل انحلال پذیری بالا به‌وسیله‌ی محلول انتقال پیدا می‌کند امّا سلنیوم به آسانی اکسید نمی‌شود و به‌علت تحرک کم

جدول ۱ نتایج حاصل از آنالیز ICP-MS مربوط به نمونه‌های سنگ میزبان کانسار سرب ماهور (مقادیر برای همه عناصر بر حسب ppm است).

Mn	۸۹۴	۱۱۷۳	۱۱۷	۸۵۷	۱۶۳۰	۸۳۸	Sb	۰٫۷	۴٫۸	۲٫۵	۰٫۹	۲٫۳	۲٫۵
Lu	۰٫۳	۰٫۴۳	۰٫۲۷	۰٫۳۱	۰٫۳	۰٫۲۶	S	۳۴۴۳	۶۹۹	۲۳۶	۲۹۶۰	۹۰۶۹	۲۱۸۰۰
Li	۱۳۹	۳۶	۴۹	۱۵۱	۱۴۱	۲۲۹	Rb	۵۹	۳۲۸	۲۲۹	۶۱	۲۲۹	۸۲
La	۱۶	۱۱	۲۵	۱۶	۱۵	۱۳	Pr	۵٫۱۱	۳٫۵۶	۵٫۸۴	۵٫۰۵	۴٫۸۱	۴٫۱۵
In	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	Pb	۲۰	۳۷۶۵	۲۶۸	۲۸	۲۳	۱۷۸
Hf	۲٫۹۷	۳٫۷۱	۲٫۷	۲٫۹۲	۲٫۸۱	۲٫۷۲	P	۱۰۰۲	۵۱۲	۴۲۰	۱۰۰۷	۹۸۳	۱۰۰۹
Gd	۴٫۳۴	۳٫۷۲	۳٫۲۱	۴٫۱۱	۴٫۰۴	۳٫۱۱	Ni	۵	۲	۱	۵	۵	۴
Be	۱٫۵	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۶	۱٫۵	۲٫۴	Eu	۱٫۳۷	۰٫۹۶	۱٫۰۴	۱٫۳۶	۱٫۱۹	۰٫۸۲
Ba	۳۵۷	۱۲۵۰	۴۶۴	۳۶۶	۵۹۱	۱۲۳	Er	۳٫۱۹	۴٫۴۵	۲٫۲۵	۳٫۱۱	۳٫۳۵	۲٫۳۳
As	<۰٫۱	۳۷	۶٫۲	<۰٫۱	۶۹٫۸	۳٫۵	Dy	۳٫۸۷	۴٫۲۲	۲٫۸۷	۳٫۸۷	۳٫۸۲	۲٫۹۷
Ag	<۰٫۱	۱٫۹	۱٫۱	<۰٫۱	۰٫۴	<۰٫۱	Cu	۷	۸۴۳	۷۳	۶	۱۵	۸
Na_2O	۲۲۹۴۰	۵۳۸۵	۱۵۸۵۸	۲۴۳۳۸	۱۲۳۵۰	۳۰۶۸۷	Cs	۱۰٫۷	۸٫۲	۶	۱۲٫۲	۱۰	۲۸٫۶
MgO	۱۵۳۶۵	۹۰۸	۳۴۸۸	۱۵۰۲۴	۱۳۴۷۷	۱۷۱۸۹	Cr	۳۷	۹	۵	۳۳	۳۳	۳۶
K_2O	۱۵۲۴۰	۶۴۶۰۰	۴۰۷۵۵	۱۶۰۵۰	۴۵۷۹۷	۱۴۶۷۸	Co	۲۰٫۲	۱٫۴	۱٫۹	۲۰٫۶	۲۰٫۱	۱۸٫۴
Fe_2O_3	۵۴۱۳۱	۵۵۴۸	۱۰۱۷۲	۱۰۱۷۲	۵۱۳۰۴	۳۵۳۶۰	Ce	۳۶	۲۱	۴۶	۳۴	۳۳	۲۷
CaO	۴۶۴۳۴	۵۴۲۲۲	۴۱۴۶	۴۲۵۱۵	۳۷۲۴۰	۲۵۹۴۳	Cd	<۰٫۱	۶٫۲۵	۲٫۱۲	<۰٫۱	۰٫۱۱	<۰٫۱
Al_2O_3	۹۴۲۰۴	۷۱۹۲۵	۶۶۷۱۵	۹۲۵۴۹	۹۳۹۵۰	۹۱۶۳۹	Bi	<۰٫۱	۰٫۳	۰٫۲	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱
Element Sample	**۱**	**۲**	**۳**	**۲۰**	**۲۵**	**۲۸**	**Element Sample**	**۱**	**۲**	**۳**	**۲۰**	**۲۵**	**۲۸**
Tl	۰٫۳۷	۳٫۵۳	۱٫۵۶	۰٫۴۲	۱٫۵۹	۰٫۶							
Ti	۸۴۶۲	۲۹۴۷	۲۲۱۸	۸۵۱۱	۸۲۵۸	۸۸۵۸	Zr	۸۸	۱۰۶	۷۵	۸۹	۸۶	۷۹
Th	۵٫۰۶	۹٫۳۲	۱۰٫۲	۵٫۱۵	۴٫۷۹	۴٫۸۱	Zn	۱۱۱	۲۹۷	۳۳۸۵	۱۱۸	۱۴۴	۱۲۸
Te	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	Y	۱۵٫۳	۲۲٫۸	۱۱٫۸	۱۵٫۱	۱۵٫۳	۱۰٫۸
Tb	۰٫۶۸	۰٫۶۵	۰٫۵۱	۰٫۶۶	۰٫۶۴	۰٫۵۱	W	۰٫۹	۱۰٫۴	۳٫۵	۱٫۱	۴٫۷	۱٫۵
Ta	۰٫۵۸	۰٫۳۶	۰٫۴۲	۰٫۵۸	۰٫۲۴	۰٫۳۶	V	۲۰۳	۳۷	۲۹	۲۰۷	۲۱۳	۲۱۲
Sr	۳۷۷	۱۱۹	۳۸	۳۷۹	۱۰۹	۲۳۸	U	۱	۵٫۹	۲	۰٫۹۴	۰٫۹	۰٫۹
Sn	۱٫۷	۲٫۸	۲	۱٫۷	۱٫۷	۲٫۲	Tm	۰٫۵۸	۰٫۸۶	۰٫۴	۰٫۵۴	۰٫۵۶	۰٫۳۸
Nd	۱۸٫۱	۱۱٫۲	۱۷٫۹	۱۶٫۹	۱۶٫۳	۱۳٫۵	Sm	۴٫۶	۳٫۵	۳٫۸۴	۴٫۳۳	¾	۳٫۵
Nb	۸٫۷	۸٫۱	۸٫۶	۸٫۷	۷٫۵	۸٫۲	Se	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵
Mo	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	۳٫۲۹	<۰٫۱	Sc	۲۵٫۶	۹	۶٫۴	۲۴٫۶	۲۳٫۵	۲۵٫۱

جدول ۲ نتایج حاصل از آنالیز ICP-OES مربوط به نمونه‌های گالن کانسار سرب ماهور (مقادیر برای عناصر اصلی و عنصر Pb بر حسب درصـد و برای سایر عناصر بر حسب ppm است).

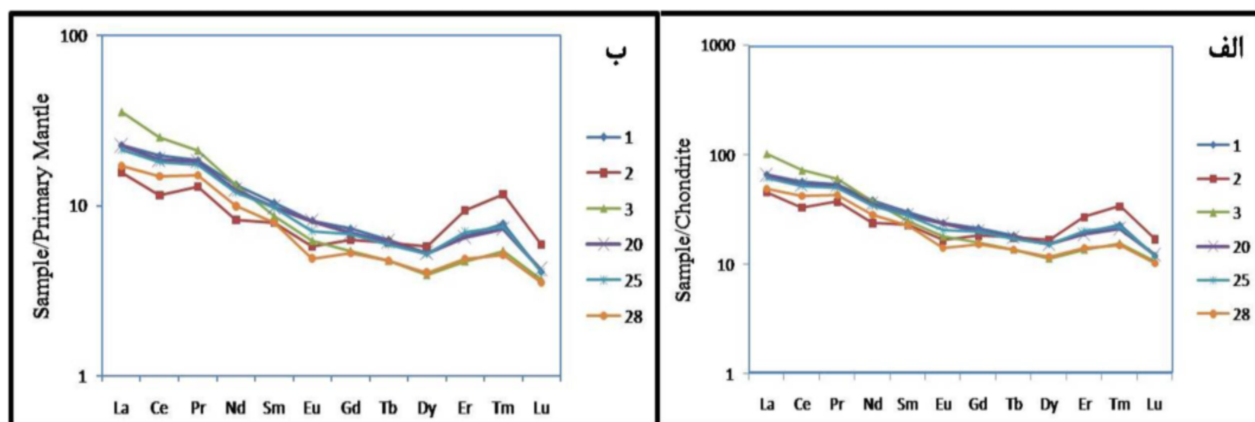
Mn	۱۴٫۷۴	۵٫۲۹	۳٫۱۶	۱٫۴۴	۳٫۲۷	۲٫۱۹	**Sb**	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵
Lu	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	**S**	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰
Li	۱۱٫۹۴	۲۳٫۴۳	۱۹٫۹۵	۹٫۷۶	۲۹٫۴۹	۱۴٫۹۶	**Rb**	۲۶۳٫۹	۹۵٫۸۰	۷۲٫۴۳	۹۲٫۰۱	۱۶۰٫۵	۲۹٫۹۶
La	۱٫۴۸	۰٫۶۱	۰٫۶۸	۰٫۳۰	۰٫۳	۱٫۲۲	**Pr**	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵
In	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	**Pb**	۶۲٫۱۳	۶۸٫۴۴	۷۲٫۳۱	۷۸٫۳۲	۶۲٫۰۶	۷۰٫۸۸
Hf	۰٫۵۷	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	**P**	۱۵٫۹۰	۱۱٫۷۵	۳۷٫۶۷	۱۷٫۱۴	۱۶٫۵۳	۸٫۲۴
Gd	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	**Ni**	۶٫۷۹	۴٫۱۲	۳٫۹۱	۱٫۶۸	۲٫۹۷	۰٫۶۹
Be	۰٫۲۱	۰٫۱۸	۰٫۱۷	۰٫۰۳	۰٫۲۹	۰٫۰۷	**Eu**	<۰٫۰۲	<۰٫۰۲	<۰٫۰۲	<۰٫۰۲	<۰٫۰۲	<۰٫۰۲
Ba	۱۱۲	۴۷۳	۴۳٫۳۱	۳۳٫۸۱	۲۰٫۳۴	۳۰٫۷۵	**Er**	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵
As	۱۲٫۹۸	۲۹٫۹۲	۲۲٫۳۰	۱۶٫۸۹	۷٫۳۸	۱۸٫۶۱	**Dy**	<۰٫۰۸	<۰٫۰۸	<۰٫۰۸	<۰٫۰۸	<۰٫۰۸	<۰٫۰۸
Ag	۲۳٫۸۷	۹۰٫۰۳	۶۳٫۵۶	۳۵٫۴۴	۲۰٫۷۸	۷۰٫۵۷	**Cu**	۸۱۴	۸۷۹	۲۳۲۰	۲۱۸۱	۶۳۵	۷۵۴
Na_2O	۱٫۸۳	۲٫۳۵	۳٫۲۹	۱٫۲۷	۲٫۸۵	۰٫۹۷	**Cs**	۰٫۷۳	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	۰٫۵۱	<۰٫۵
MgO	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	**Cr**	۳۰٫۴۳	۲۴٫۷۷	۲۳٫۵۲	۸٫۸۸	۳۳٫۶۳	۱۴٫۵۱
K_2O	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۰٫۰۴	۰٫۰۳	**Co**	<۰٫۵	۰٫۸۸	۱٫۰۳	<۰٫۵	۰٫۵۱	۰٫۵۱
Fe_2O_3	۰٫۲۵	۰٫۱۶	۰٫۱۱	<۰٫۰۶	۰٫۰۶	<۰٫۰۶	**Ce**	<۰٫۶	<۰٫۶	<۰٫۶	<۰٫۶	<۰٫۶	۲٫۹۳
CaO	۲٫۳۱	۰٫۰۶	۰٫۲۳	۰٫۱۱	۰٫۰۷	۰٫۰۳	**Cd**	۶٫۲۵	۴٫۲۷	۴٫۸۷	۸٫۳۵	۳٫۰۲	۵٫۲۲
Al_2O_3	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	**Bi**	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵
Element Sample	**۱**	**۲**	**دپو۱**	**دپو۲**	**۲۱**	**F_{12}**	**Element Sample**	**۱**	**۲**	**دپو۱**	**دپو۲**	**۲۱**	**F_{12}**
Tl	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵							
Ti	۳۲٫۰۲	۳۵٫۹۴	۷۰٫۸۸	۲	۱۵٫۴۰	۴۱٫۰۷	**Zr**	۱٫۸۳	۱٫۹۳	۳٫۶۳	۱	۱٫۰۸	۴٫۱۶
Th	۲٫۱۷	۱٫۵۴	۱٫۲۰	۰٫۵۹	۰٫۶۲	۰٫۳۶	**Zn**	۷٫۸۱	۲۳٫۲۷	۱۹٫۷۱	۲۸٫۲۰	۲۴٫۲۶	۲۵٫۶۰
Te	<۰٫۰۵	<۰٫۰۵	<۰٫۰۵	۰٫۰۷	۰٫۴۲	<۰٫۰۵	**Y**	۰٫۶۴	<۰٫۴	<۰٫۴	<۰٫۴	<۰٫۴	<۰٫۴
Tb	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	**W**	۲٫۸۱	<۰٫۵	۳٫۱۱	۳٫۶۱	<۰٫۵	۲٫۷۳
Ta	۰٫۱۶	۰٫۰۹	۰٫۲۳	۰٫۱۱	۰٫۱۶	۰٫۱	**V**	۱۳٫۱۵	<۰٫۱	۴٫۶۰	۱٫۵۹	<۰٫۱	<۰٫۱
Sr	۷۶۵	۲۶۱	۲۱۰	۲۵۵	۳۶۵	۸۸٫۴۳	**U**	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵
Sn	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	**Tm**	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱
Nd	<۰٫۶	<۰٫۶	<۰٫۶	<۰٫۶	<۰٫۶	<۰٫۶	**Sm**	۰٫۵۱	۰٫۶۳	<۰٫۵	<۰٫۵	<۰٫۵	۰٫۸۴
Nb	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	<۰٫۱	**Se**	۰٫۱۷	۰٫۵۸	۰٫۵۱	۰٫۴۵	۰٫۹۵	۰٫۹۵
Mo	۴٫۰۶	۳٫۴۰	۴۴٫۶۷	۱٫۳۰	۲٫۳۹	۲٫۳۳	**Sc**	۰٫۴۳	۰٫۲۶	۰٫۳۱	۰٫۲۷	۰٫۲۵	۰٫۳۷

از گوگرد جدا می‌شود. نسبت S/Se در آب دریا حدود ۲۳۲۰۰۰/۱ و در سنگ‌های آذرین ۶۰۰۰/۱ است [۱۳]. داده‌های آنالیزهای انجام شده نشان می‌دهد که خاستگاه آذرین برای تشکیل این کانسار مناسب است. ترسیم نمودار عناصر خاکی نادر نسبت به کندریت C1 [۱۴] و گوشته‌ی اوّلیه [۱۵] پس از بهنجارسازی نشان می‌دهد که نمونه‌های مورد نظر دارای شیب نسبتاً منفی و یکنواخت از سمت عناصر خاکی نادر سبک (LREE) به سمت عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) هستند (شکل ۱۳ الف و ب) غنی شدگی LREE نسبت به HREE می‌تواند به‌دلیل ناسازگارتر بودن LREEها نسبت به HREEها باشد که ممکن است در اثر شکل‌گیری ماگمایی در سنگ‌های دگرگون متمرکز شده باشند [۱۶]. همچنین شیب LREE به سمت HREE نشان دهنده‌ی سنگ‌های تشکیل شده در مناطق فرورانشی است [۱۷]. روند تغییرات عناصر فرعی، نمونه‌های گالن و سنگ میزبان نسبت به کندریت C1 [۱۸] و گوشته‌ی اوّلیه [۱۵] پس از بهنجار شدن نشان می‌دهد که نمونه‌های گالن نسبت به نمونه‌های برداشت شده از سنگ میزبان دارای تهی‌شدگی بیشتری هستند (شکل ۱۴ الف و ب).

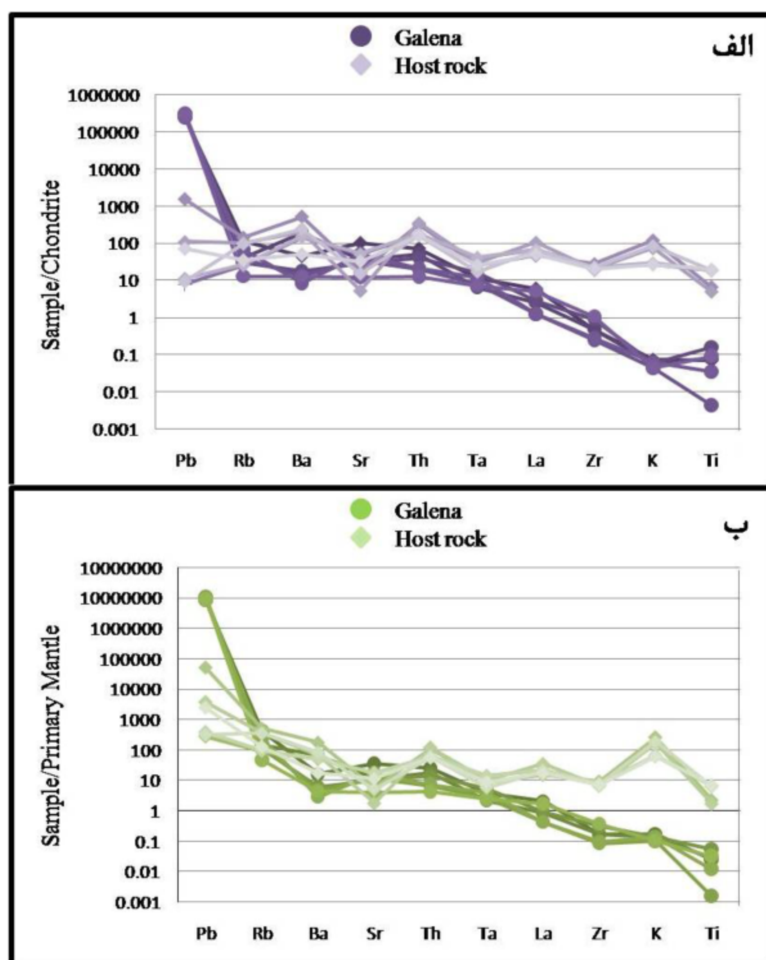
در هردو نمودار عنصر سرب در نمونه‌های گالن و سنگ میزبان دارای بی‌هنجاری مثبت است که نشانگر رخداد کانه زایی بوده و عنصر پتاسیم دارای بی‌هنجاری منفی است که می‌تواند ناشی از دگرسانی باشد. در نمودار مربوط به نمونه‌های سنگ میزبان عناصر Ti و Ta دارای بی‌هنجاری منفی و عناصر Th، Ba و K دارای بی‌هنجاری مثبت هستند. غنی شدگی عناصر Th، Ba و K می‌تواند در ارتباط با فرایند دگرنهادی گوشته یا آلایش پوسته‌ی قاره‌ای باشد. بی‌هنجاری منفی Ti در سنگ‌های منطقه، نشان دهنده‌ی تاثیر فرورانش است [۱۹]. آمفیبول کانی مناسبی برای نگهداری Nb و Ta در گوشته بالایی است و می‌تواند بی‌هنجاری منفی Ta را در ماگماتیسم مربوط به منطقه‌ی فرورانشی کنترل کند [۲۰].

تعیین محیط تکتونوماگمایی سنگ‌های میزبان

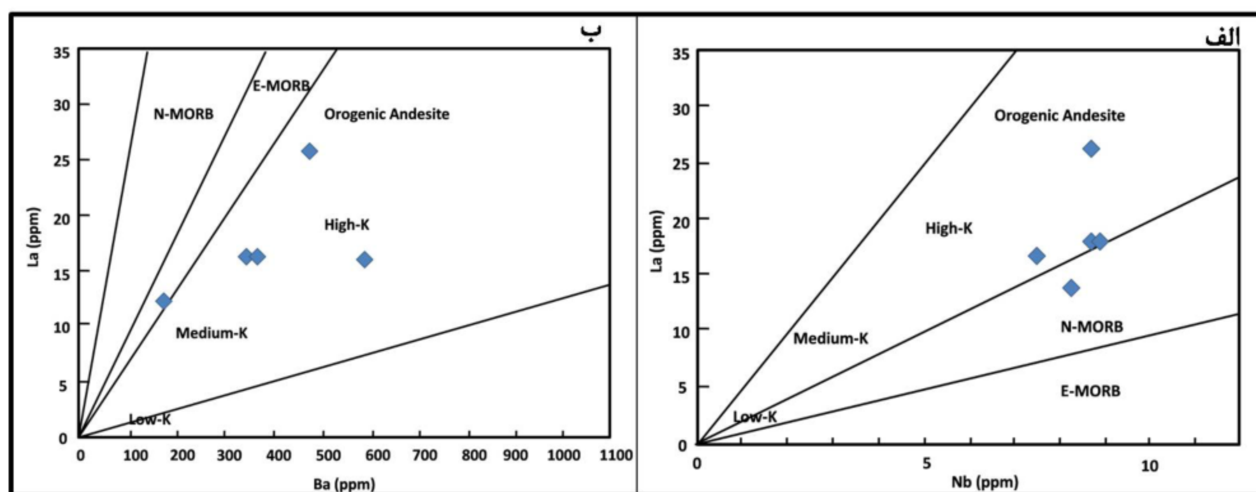
نظر به اینکه سنگ‌های میزبان کانسار سرب ماهور ۲، بیشتر آندزیتی هستند، لذا بر اساس نمودارهای مربوط به رفتار عناصر La-Nb و La-Ba در برابر یکدیگر (شکل ۱۵ الف و ب) نشان می‌دهند که این سنگ‌ها به محیط تکتونوماگمایی آندزیت‌های مناطق کوهزایی وابسته‌اند [۲۱] (شکل‌های ۱۶-۱۸).



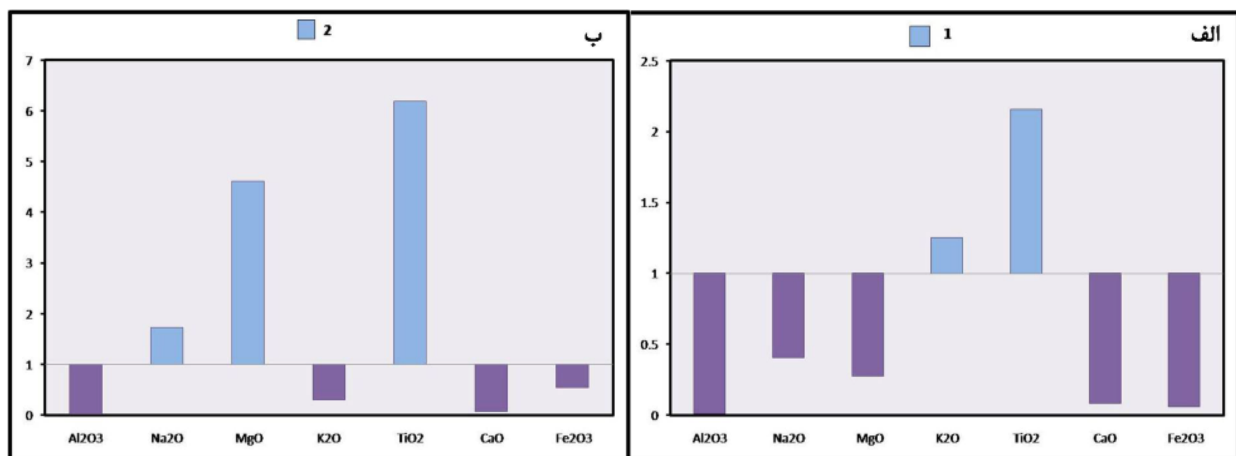
شکل ۱۳ نمودارهای عناصر خاکی نادر. الف) نمودار بهنجار شده با کندریت C1 [۱۴]، ب) نمودار بهنجار شده با گوشته اوّلیه [۱۵].



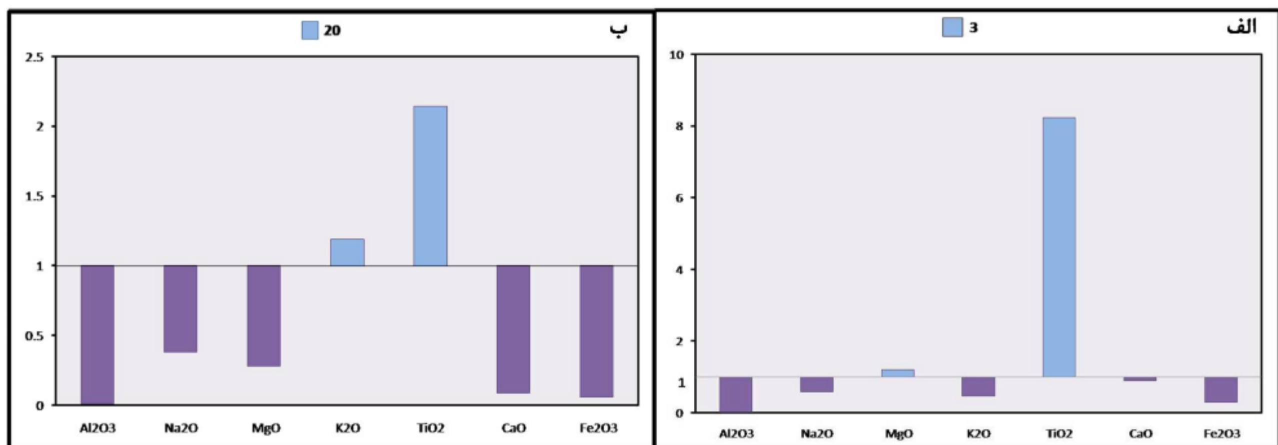
شکل ۱۴ نمودارهای عنکبوتی عناصر فرعی. الف) بهنجار شده به کندریت C1 [۱۸]، ب) نمودار بهنجار شده به گوشته‌ی اوّلیه [۱۵].



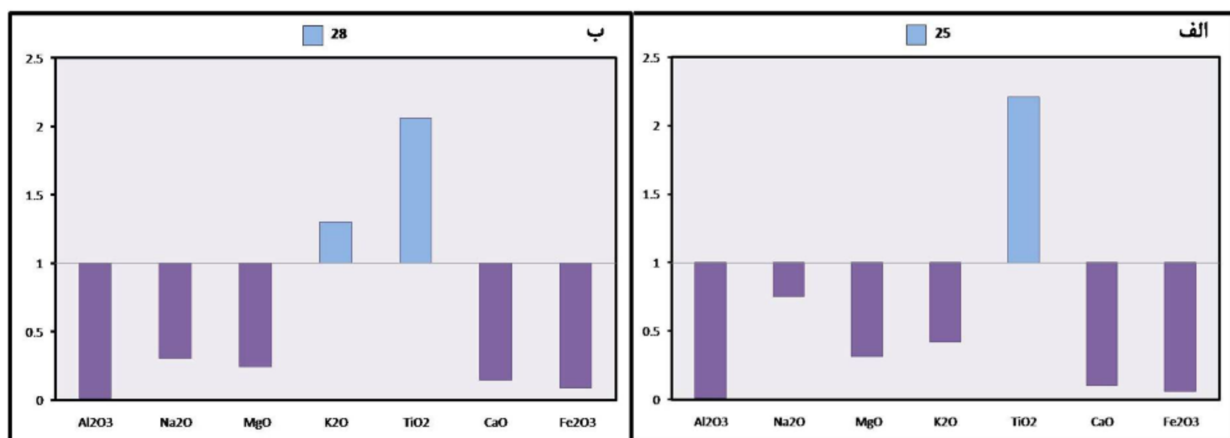
شکل ۱۵ نمودارهای جدایش آندریت‌های کوهزایی از ناکوهزایی [۲۱]. الف) عنصر La در برابر Nb، ب) عنصر La در برابر Nb.



شکل ۱۶ نمودار غنی‌شدگی-تهی شدگی اکسیدهای نمونه‌های دگرسان شده الف) نمونه ۱ و ب) نمونه ۲ نسبت به نمونه سالم.



شکل ۱۷ نمودار غنی‌شدگی-تهی شدگی اکسیدهای نمونه‌های دگرسان شده الف) نمونه ۳ و ب) نمونه ۲۰ نسبت به نمونه سالم.



شکل ۱۸ نمودار غنی شدگی-تهی شدگی اکسیدهای نمونه‌های دگرسان شده الف) نمونه ۲۵ و ب) نمونه ۲۸ نسبت به نمونه سالم.

روند تغییرات عناصر در طول دگرسانی

سنگ میزبان کانسار سرب ماهور ۲ را سنگ‌های آندزیتی دگرسان تشکیل می‌دهند. برای بررسی روند تغییرات غنی شدگی و تهی شدگی عناصر، به دلیل نبود نمونه‌ی سالم به عنوان مبنا، از نمونه‌ی (S94) از کانسار چند فلزی ماهور [۲۲] استفاده شد و مقادیر هر اکسید در نمونه‌های دگرسان شده و نیز خود نمونه‌ی مبنا، به مقادیر همان اکسید در نمونه‌ی مبنا تقسیم شدند. چنانکه در نمودارها نشان داده شد، در تمامی نمونه‌ها مقدار TiO_2 نسبت به نمونه‌ی مبنا بیشتر است. علت آن شاید نامتحرک بودن این عنصر بوده و در سنگ‌هایی که تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند، تقریباً ثابت باقی می‌ماند. در نمونه‌های ۱، ۲۰ و ۲۸ غنی‌شدگی K2O و تهی‌شدگی MgO، Na_2O و CaO ناشی از دگرسانی سریسیتیک است. همچنین در نمونه‌های ۲۰ و ۲۸ دگرسانی کربناتی نیز دیده می‌شود و باید مقدار CaO بالا باشد که احتمالاً به دلیل شدیدتر بودن دگرسانی آرژیلیک و شسته شدن عناصر قلیایی و نیز تاثیر سریسیتی شدن این عنصر دستخوش تهی‌شدگی شده است. با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی در نمونه‌های ۲ و ۳ دگرسانی سریسیتی رخ داده و باید مقدار K2O به‌دلیل حضور سریسیت بالا باشد اما تهی شدگی در مقدار K2O دیده می‌شود. این مسئله می‌تواند به این دلیل باشد که در آغاز دگرسانی، K به سیستم افزوده شد ولی با پیشرفت دگرسانی K از طریق شاره به سیستم اضافه نشده و پتاسیم لازم برای تشکیل سریسیت در نتیجه‌ی دگرسان شدن کانی‌های پتاسیم دار دیگر مانند فلدسپات‌های پتاسیم و آزاد شدن این عنصر، تامین شده است. همچنین در این نمونه دگرسانی کربناتی دیده می‌شود و باید مقدار CaO بالا باشد که احتمالاً به دلیل شدت بیشتر دگرسانی آرژیلیک و شسته شدن عناصر قلیایی و نیز تاثیر سریسیتی شدن این عنصر دستخوش تهی شدگی شده است. غنی‌شدگی Na2O در نمونه‌ی ۲ ممکن است ناشی از وجود ترکیبات نمکی در سطح باشد. بنابر شواهد صحرایی و حضور دولومیت در منطقه‌ی غنی شدگی MgO در ۲ نمونه قابل توجیه است. در نمونه‌ی ۳ دگرسانی سریسیتی رخ داده و غنی شدگی اندک MgO نیز به دلیل وجود دولومیت است. با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی در نمونه‌ی ۲۵ دگرسانی کلریتی، کربناتی و سریسیتی رخ داده است. Al2O3 در گستره‌ی pH بین ۵ تا ۹ نامتحرک و در گستره‌ی کمتر یا بیشتر از این مقدار متحرک است. این عنصر در همه‌ی نمونه‌ها دارای تهی شدگی است که احتمال می‌رود به‌دلیل وجود شرایط اسیدی این عنصر متحرک شده و تحت تاثیر دگرسانی به مقدار کم از محیط خارج شده است.

برداشت

۱- سنگ میزبان کانسار سرب ماهور ۲، آندزیت‌های دگرسان شده با بافت پورفیری است.

۲- کانسار سرب ماهور ۲ به‌صورت رگه‌ای است و در پیرامون آن دگرسانی‌های آرژیلیک، سیلیسی، سریسیتیک، کلریتی و کربناتی وجود دارد که بررسی‌های XRD نیز آن‌ها را تأیید می‌کند.

۳- تهی شدگی و غنی‌شدگی برخی از عناصر در سنگ میزبان کانسار ناشی از دگرسانی، ترکیب شاره و اسیدی بودن محیط تشکیل کانسار است.

۴- تغییرات عناصر خاکی کمیاب و الگوی مشابه آن‌ها با سنگ-های آندزیتی مناطق کوهزایی و نمودارهای مربوط به رفتار عناصر La-Nb و La-Ba در برابر یکدیگر نشان می‌دهند که احتمالاً تشکیل سنگ‌های میزبان این کانسار در محیط‌های وابسته به مناطق فرورانشی است.

۵- نمودارهای عنکبوتی نشان می‌دهند که نمونه‌های گالن نسبت به نمونه‌های برداشت شده از سنگ میزبان، به جزء عنصر Pb، از عناصر Ba, Rb, Sr, Th, Ta, La, Zr, K,Ti دارای تهی شدگی هستند.

۶- تغییرات ناهماهنگ اکسید پتاسیم در نمودارهای غنی شده و تهی شده ناشی از این است که در آغاز دگرسانی، K به

سیستم افزوده شد ولی با پیشرفت دگرسانی K از طریق شاره به سیستم اضافه نشده و پتاسیم لازم برای تشکیل سریسیت، از دگرسان شدن کانی‌هایی نظیر فلدسپات‌های پتاسیم تامین شده است.

مراجع

[۱] قربانی م.، *"دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران"*، سازمان زمین شناسي و اكتشافات معدني كشور، (۱۳۸۱) ۶۹۵ ص.

[۲] بومری م.، بیابانگرد ح.، ناکاشیما ک. و اسفرم م.، *"پیدایش و شیمی کانی‌های سولفیدی و اکسیدی برون زاد در کانسار پلی متال ماهور غرب نهبندان"*، مجله پترولوژی، شماره چهاردهم، (۱۳۹۲) ص ۱۷-۳۰.

[۳] میرزایی راینی ر.، احمدی ع. و میرنژاد ح.، *"تعیین منشأ سیالات کانه ساز با استفاده از مطالعه ریز کاوش الکترونی و ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد در کانسار چند فلزی ماهور (شرق بلوک لوت، ایران مرکزی)"*، مجله پترولوژی، شماره دهم، (۱۳۹۱) ص ۱-۱۲.

[4] Nogole sadate M. A. A., *"Les Zones Decrochements et Les Virgations Struchurales en Iran. Conseguences des Resultats de I analyses Structural de La Region de Qom"*. These univ, Scientifigue et Medicale de Grenole (1978) 201p.

[5] Nabavi M. H., *"Introduction to Geology of Iran"*, Geological Survey of Iran press (1976) (in Persian).

[6] Stocklin J., Nabavi, M. H., *"Tectonic map of Iran"*. Geological Survey of Iran Press (1973).

[7] Stocklin J., *"Structural history and tectonics of Iran"*. A review-America: association petroleum, Geology, Bulletin. 52.7 (1968) 1229-1258.

[۸] حسینی ض.، افشاریان م.، چایچی ز.، *"نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ ده سلم (چاه وک)"*، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۱).

[9] Kretz R., *"Symbols for rock-forming minerals"*. Am. Mineral 68 (1983) 277-297.

[۱۰] شهاب پور ج.، *"زمین شناسی اقتصادی"*، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، (۱۳۹۰) ۵۴۷ ص.

[۱۱] کریم پور م. ح.، سعادت س.، *"زمین شناسی اقتصادی کاربردی"*، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۵) ۵۳۵ ص.

[12] Wood D. A., *"The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province"*. Earth Planet science letter, 50 (1980) 11-30.

[13] Vaughan D., *"Sedimentary geochemistry and mineralogy of the sulfides of Lead-Zinc-Copper and Iron and their occurrence in sedimentary ore deposits"*, Handbook of strataband and stratiform ore deposit, vol. 2, Elsevier Amsterdam (1976) 317-358.

[14] Evensen N. M., Hamilton P. J., Onions R. K., *"Rare earth abundances in Chondritic meteorites"*. Geochimistry Cosmochemistry Acta, 42 (1978) 1199-1212.

[15] McDonough W. F., Sun S., Ringwood A .E., Jagoutz E. and Hofmann A.W., *"K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle"*. Geochemistry Cosmochemistry Acta, Ross Taylor Symposium volume (1991).

[16] Krauskopf K. P., Bird D .K., *"Introduction to geochemistry"* McGraw Hill (1976) 788p.

[17] Winter J.D., *"An introduction to igneous and metamorphic petrology*, Prentice Hall" (2001) 697p.

[18] Sun S.S., McDonough W. F., *"Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts:*

implications for mantle composition and processes. In: Saunders A. D. and Norry M. J. (eds)", Magmatism in ocean basins. Geology Society London. Specific Publication 42 (1989) 313-345.

[19] Soesoo J., *"Fraction crystallization of mantle devrided melt as a mechanism for some I-Type granite petrogenesis: An example from Iachlan fold belts"*, Australia Journal of the geological society, Candon, (2000) 157p.

[20] Ionov D. A., Hofmann A. W., *"Nb-Ta rich mantle amphiboles and mica implication for subduction-related metasomatic trace element fractionations"*. Earth Planet. science letter, 131(1995) 341-356.

[21] Gill J. B., *"Orogenic andesite and plate tectonics"*. Springer, Berlin (1981) 389p.

[۲۲] اسفرم م.، *"ژئوشیمی و توالی پاراژنز کانی‌های موجود در کانسار پلی متال ماهور، غرب نهبندان (شرق ایران)"* ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان (۱۳۹۰) ۲۳۵ ص.